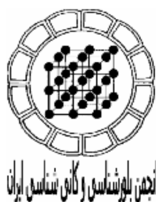


مجله
بلورشناسی
و کانی شناسی
ایران

سال بیست و ششم، شمارهٔ اول، بهار ۹۷، از صفحهٔ ۱۹ تا ۳۰

بررسی ویژگی‌های کانی شناسی زمین‌های زیر کشت نیشکر در مقایسه با کشت تناوبی و زمین‌های بکر جنوب خوزستان

احمد لندی[*1]، سارا پورکیهان[1]، مصطفی چرم[1]، سعید حجتی[1]، سیروس جعفری[2]

۱- گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- گروه خاکشناسی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، خوزستان

(دریافت مقاله: ۹۵/۱۲/۱۵، نسخه نهایی: ۹۶/۳/۲)

چکیده: امکان تغییر ترکیب کانی‌های رسی در زمین‌های بایری که به کشت مداوم نیشکر اختصاص یافته‌اند، وجود دارد. از این رو در این، ویژگی‌های کانی‌شناسی نمونه‌های خاک نیمرخ‌های حفرشده در چهار مزرعه با سابقه کشت بیش از ۱۵ سال بررسی و با زمین‌های بایر همسایه آنها و مزارع زیر کشت تناوبی مقایسه شد. نتایج نشان داد که کانی‌های منبسط شونده در افق Ap خاک‌های کشت شده بر خلاف زمین‌های بایر فراوان هستند ولی مقدار آنها در افق C این خاک‌ها کم است. همچنین در لایه‌های سطحی خاک‌های کشت شده، مقدار پالیگورسکیت نسبت به خاک بایر کمتر است. این تغییرات در خاک زیر کشت نیشکر در مقایسه با کشت تناوبی به‌دلیل تفاوت میزان آبیاری، زیست توده تولیدی و نیاز غذایی غالباً بیشتر است و کشت متراکم و آبیاری سنگین در دوره کشت باعث دگرگونی کانی‌ها و در نتیجه تغییر عوامل دیگر از جمله نیازهای عناصر غذایی خاک می‌شود.

واژه‌های کلیدی: *پالیگورسکیت؛ کانی‌های منبسط شونده؛ کشت تناوبی؛ کشت نیشکر.*

مقدمه

کیفیت خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک، همیشه موضوع مهم مورد بررسی در بسیاری از پژوهش‌ها بوده است. کیفیت خاک بیشتر به پاسخ خاک در قبال سیستم‌های متفاوت کاربری زمین‌ها و عملیات مدیریتی وابسته است. در تبدیل زمین بایر به کشتزار به ویژه در مناطق شور و سدیمی، معمولاً اصلاح خاک و زمین‌ها در جهت بهبود کیفیت خاک و ایجاد شرایط بهینه برای کشت گیاه مورد نظر است، البته باید به توان تولیدی هر خاک نیز توجه شود [۱].

در خوزستان تغییر کاربری زمین‌های بایر به کشت باعث تغییر در بسیاری از ویژگی‌های خاک‌های این زمین‌ها شده است. از جمله این تغییر کاربری‌ها، به زیر کشت بردن بسیاری از زمین‌های بایر جهت کشت نیشکر است. نیشکر از منابع مهم تأمین شکر مورد نیاز است و بر اساس آمار فائو، کل سطح برداشت شده جهانی آن در سال ۲۰۱۴ بیش از ۲۰ میلیون هکتار و متوسط تولید جهانی آن ۶۵ تن در هکتار بوده است [۲].

نیشکر در طول دوره رشد خود در خوزستان نیازمند دست کم ۳۰۰۰۰ متر مکعب آب آبیاری در هر هکتار است که در ۲۵ تا ۳۰ نوبت به خاک اضافه می‌شود [۳]. مصرف این مقدار آب می‌تواند سبب تغییر بسیاری از ویژگی‌های خاک شود که از جمله آنها ترکیب کانی‌شناسی خاک است. با توجه به اهمیت کانی‌شناسی [۵،۴] و از آنجا که کانی‌های رسی موجود در خاک تأثیر بسزایی بر همه ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیست-شناسی خاک دارند، شناخت ویژگی‌های آنها و نیز چگونگی تبدیل و تغییر این کانی‌ها به یکدیگر در چنین شرایطی لازم به نظر می‌رسد.

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۶۶۱۱۱۳۲۲، نمابر: ۳۳۳۶۴۰۵۴ (۰۶۱)، پست الکترونیکی: landi@scu.ac.ir

[DOI: 10.29252/ijcm.26.1.19]

کانی‌های رسی یکی از اجزای مهم خاک‌ها هستند که افزون بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناسی می‌توانند بر اثر تغییر کاربری دچار تغییرات قابل توجهی شوند [۶]. کاربری زمین‌ها (پوشش گیاهی) به عنوان یکی از عوامل خاکساز می‌تواند نوع خاک، نوع و مقدار کانی‌های رسی در خاک را تحت تأثیر قرار دهد [۷].

سابقه کشت و کار زمین‌ها بر ویژگی‌های کانی‌های رسی اثرگذار است و در دراز مدت می‌تواند زمینه حذف، انتقال و یا تغییر و دگرگونی آنها را فراهم کند. در زمین‌هایی که کشت و کار فراوان صورت می‌گیرد به دلیل آثار شخم و همچنین آبیاری‌های مکرر، نمک‌ها از خاک شسته شده و در دراز مدت می‌تواند کانی‌های رسی را تحت تأثیر قرار دهد و تغییراتی را از نظر تراکم کانی‌های موجود در واحد سطح، اندازه کانی‌ها و همچنین ضخامت آنها به‌وجود آورد [۸]. لذا با توجه به تخصیص سطح وسیعی از زمین‌های بایر خوزستان به کشت نیشکر و گذشت مدتی طولانی از کشت و کار، امکان تغییر ترکیب کانی‌های رسی این زمین‌ها وجود دارد.

چرم و همکاران [۹] در بررسی تأثیر کشت تناوبی و نیشکر بر ترکیب کانی‌های رسی در منطقه هفت تپه دریافتند که مقدار زیادی از کانی‌های منبسط شونده در افق Ap خاک‌های زیر کشت وجود داشت که در خاک‌های کشت نشده متناظر آن به میزان بسیار کمی دیده شد و این نشان از تشکیل این کانی‌ها با گذشت زمان دارد. نتایج تحقیق ایشان با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و به ویژه پتاسیم تثبیت شده و ظرفیت تبادل کاتیونی همخوانی داشت. بررسی‌های TEM نمونه‌های تهیه شده از این خاک‌ها نشان داد که افق‌های زیر سطحی خاک‌های کشت شده شامل پالیگورسکایت بیشتری در مقایسه با سطح است. آنها نتیجه گرفتند که کشت متراکم همراه با آبیاری سنگین باعث تغییر کانی‌های گروه میکا و پالیگورسکیت به کانی‌های منبسط شونده می‌شود. آزمایش‌های مزرعه‌ای طولانی مدت در دانمارک نیز نشان داد که تخلیه پتاسیم از طریق کشت غلات به مدت ۶۰ تا ۹۰ سال باعث تبدیل ایلیت به اسمکتیت و کانی‌های مخلوط غنی از اسمکتیت در خاک‌هایی می‌شود که هیچ کود پتاسیم داری دریافت نکرده‌اند [۱۰].

روانجو [۸] گزارش کرد که فراوانی پالیگورسکایت درخاک‌های زیر کشت نیشکر کمتر از خاک‌های کشت نشده ولی بیشتر از خاک‌های زیر کشت تناوبی است که علت این امر را به آبیاری و افزایش میزان رطوبت در این زمین‌ها از یک سو وحذف نمک‌های لازم جهت پایداری این کانی‌ها از خاک از سوی دیگر نسبت داد. به این صورت که زهکشی مناسب و حذف بسیاری از نمک‌ها به ویژه نمک‌های منیزیم‌دار، سبب ناپایداری این کانی در این خاک‌ها شده و در نتیجه موجب تبدیل این کانی به کانی‌های دیگر می‌شود. همچنین ضخامت زیاد رشته‌های پالیگورسکایت در مزارع با سابقه کشت کم به دلیل کاهش آثار شخم و آبیاری در این مزارع است که باعث شده است به همان شکل اولیه خود باقی بماند و کمتر دستخوش تغییر شود.

وحیدی و همکاران [۱۱] نشان دادند که کاربری‌های مختلف تأثیری بر نوع کانی‌های رسی موجود در خاک ندارند و از جمله فرآیندهای مهم تاثیرگذار در تنوع خاک در منطقه مورد بررسی ایشان آبشویی بوده است. آنها عنوان کردند که از مهمترین عواملی که باعث تفاوت در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاکرخ‌ها در کاربری‌های مورد بررسی شده است، علاوه بر ویژگی‌های مواد مادر رسوبی آنها، تفاوت در عمق نفوذ ریشه‌های این کاربری‌هاست.

یکی از بزرگترین مراکز کشت نیشکر در خوزستان، کشت و صنعت امیرکبیر است. بر اساس بررسی‌هایی که پیش از احداث این واحد در سال ۱۳۶۹ انجام شد، ۹۹/۵ درصد از زمین‌های منطقه مورد نظر که برای کشت نیشکر در نظر گرفته شد، دارای محدودیت شوری و قلیاییت به میزان کم تا خیلی زیاد بوده و بافت خاک‌ها به طور کلی متوسط تا سنگین و در بعضی موارد بسیار سنگین شناسایی شده است. از ویژگی‌های کلی خاک‌های بررسی شده عدم وجود تکامل نیمرخی و یا تکامل نیمرخی ناچیز گزارش شد. بطور کلی خاک‌های این منطقه در دو زیر گروه بزرگ توری فلوونت معمولی[1] و تری فلومرنت یوستی[2] رده‌بندی شدند [۱۲]. پس از آبشویی مزارع و کشت نیشکر به مدت طولانی، بررسی تغییرات احتمالی به‌وجود آمده، ضروری به‌نظر می‌رسد. لذا این تحقیق با هدف بررسی کانی‌شناسی زمین‌های زیر کشت نیشکر و کشت تناوبی در مقایسه با زمین‌های بکر جنوب خوزستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مورد بررسی

این تحقیق در زمین‌های شرکت کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر انجام شد. این کشت و صنعت در ۴۵ کیلومتری

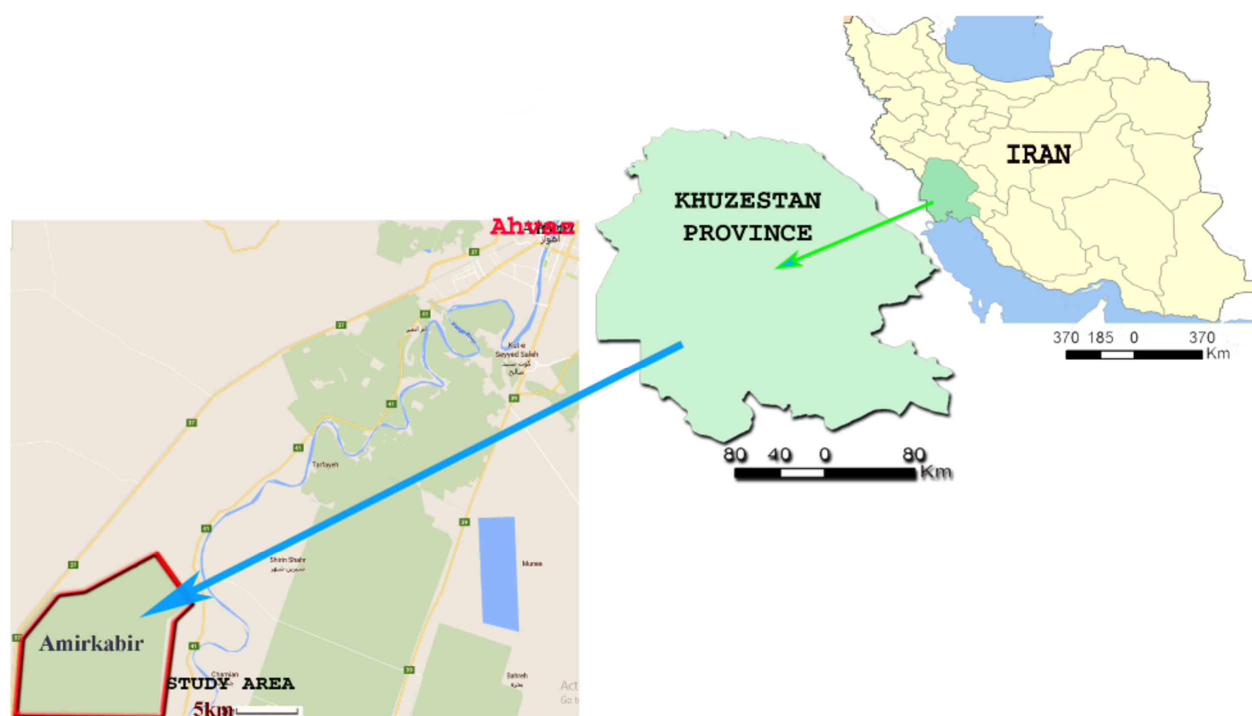
1- Typic Torrifluvents
2 - Ustic Torrifluvents

[DOI: 10.29252/ijcm.26.1.19]

جنوب اهواز با مختصات جغرافیایی '۳ °۳۱ شمالی و '۶ °۴۸ شرقی و در غرب رودخانه کارون و شرق جاده اهواز- خرمشهر و بر زمین‌های دشت خوزستان قرار گرفته است (شکل ۱) [۱۳]. دشت خوزستان از نظر زمین‌شناسی جزء یکی از سه منطقه زمین‌شناسی زاگرس است که بخشی از دشت وسیع بین‌النهرین است. رسوبات سطحی این دشت از فرسایش آبی بخش‌های بالا دست و از طریق سیلاب رودخانه‌های بزرگی چون کارون، دز و کرخه به دشت منتقل شده‌اند [۱۴]. بر اساس دوره آماری ۱۹ ساله (۱۳۹۵-۱۳۷۷)، متوسط بارندگی سالانه در کشت و صنعت امیرکبیر ۱۵۸٫۲ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه آن ۲۴٫۷ درجه سانتی‌گراد است [۱۵] (جدول ۱). رژیم رطوبتی خاک در منطقه امیرکبیر کم‌آب و رژیم گرمایی آن نیز هیپرترمی است. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۷ متر بوده و منطقه دارای شیب کلی بسیار کم و بدون پستی و بلندی است.

نمونه برداری و تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی

جهت انجام این تحقیق، در مزارعی از این کشت و صنعت که به مدت بیش از ۱۵ سال پی در پی نیشکر کشت شده بود، چهار نیمرخ حفر شده و بررسی‌های ریخت‌شناسی و صحرایی بر آنها انجام شد. این نیمرخ‌ها به روش‌های استاندارد تشریح شدند [۱۶] و افق‌های موجود در آنها شناسایی شده و از افق‌های مختلف آن‌ها نمونه‌برداری شد. همچنین در مزارع این منطقه که در آن کشت محصولات گندم و جو و صیفی‌جات به صورت تناوبی برای بیش از ۲۰ سال پی‌درپی انجام شده است، چهار نیمرخ حفر شده و نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌های مربوط به خاک بکر نیز از نیمرخ‌های حفر شده در زمین‌های مجاور مزارع نیشکر که در سال‌های مزبور به صورت دست نخورده باقی مانده‌اند، تهیه شد. تمامی نمونه‌های جمع آوری شده از منطقه مورد بررسی، مربوط به بخشی از دشت خوزستان هستند که از نظر گیتاگاری دشت آبرفتی قدیمی محسوب می‌شود.



شکل ۱ موقعیت منطقه مورد بررسی در استان خوزستان و ایران [۱۳].

جدول ۱ میانگین کیفیت آب رودخانه کارون و زهکش کشت و صنعت امیرکبیر براساس آمار ۱۹ ساله (۱۳۹۵-۱۳۷۷)

	EC	pH	TDS	SAR	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^{+}	Cl^{-}	SO_4^{-2}
	dS/m		g/L		mmol L^{-1}				
کارون	۲٫۱۵	۷٫۸۹	۱٫۴۹۵	۵٫۸	۵٫۶	۵٫۱	۱۳٫۳	۱۳٫۷	۸
زهکش امیرکبیر	۱۲٫۶	۷٫۵۵	۸٫۷۹۰	۲۰٫۸	۲۰	۲۴٫۱	۱۰۲٫۴	۱۰۷٫۲	۳۷٫۳

[DOI: 10.29252/ijcm.26.1.19]

نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده، با هوا خشک شده و اجزاء کوچک‌تر از دو میلی‌متر با الک جدا شده و تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی بر همه نمونه‌ها انجام شد. تجزیه‌های صورت گرفته شامل اندازه‌گیری pH در عصاره اشباع خاک [۱۷]، اندازه‌گیری ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده از استات سدیم یک مولار در pH = ۸/۲ [۱۸]، تعیین مقدار کربنات کلسیم به روش تیتراسیون برگشتی با اسیدکلریدریک [۱۹]، مقدار کربن آلی کل با استفاده از روش اکسیداسیونتر [۲۰] و مقدار پتاسیم قابل جذب به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم [۲۱] است.

تجزیه‌های کانی‌شناسی خاک‌ها: برای بررسی‌های کانی‌شناسی ابتدا عوامل شیمیایی متصل‌کننده ذرات به یکدیگر براساس روش مهرا و جکسون [۲۲] و کیتریک و هوپ [۲۳] جداسازی شد. بدین صورت که نمک‌های محلول و گچ توسط انحلال خاک در آب و جداسازی با سانتریفوژ حذف شد. پس از حذف نمک‌های محلول با آبشویی‌های مکرر، کربنات‌ها با استفاده از بافر استات سدیم یک نرمال در pH=۵ حذف گردید [۲۴]. ماده آلی پس از حذف کربنات‌های کلسیم به‌وسیله آب اکسیژنه ۳۰٪ و حمام آب گرم در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد حذف شد. این تیمار می‌تواند اکسیدهای منگنز (MnO_2) را نیزحل کند. برای حذف اکسیدهای آهن نیز از تیمار دی تیونات، سیترات و بی‌کربنات سدیم استفاده شد [۲۱]. سپس جداسازی ذرات رس انجام شد، به این ترتیب که پس از پاشیده کردن ذرات با هگزا متافسفات سدیم، تعلیق از الک ۵۳ میکرومتری عبور داده شده و ذرات ماسه (۲۰۰۰-۵۳ میکرومتری) جدا شدند. در باقیمانده تعلیق، ذرات کوچکتر از دو میکرومتر به‌وسیله سیفون کردن پس از رسوب در زمان مناسب از ذرات سیلت جدا شد.

سپس ذرات کوچک‌تر از دو میکرومتر تحت تأثیر تیمارهای اشباع‌سازی با پتاسیم و منیزیم شامل اشباع با پتاسیم در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، اشباع با پتاسیم و گرمادهی در ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد، اشباع با منیزیم و اشباع با منیزیم همراه با اتیلن گلیکول قرار گرفت و پلاک‌های کانی‌های رسی تهیه شد. الگوهای XRD نمونه‌ها، با استفاده از پراش‌سنج مدل BRUKER D8 ADVANCE توسط تابش Cukα در زوایای 2θ بین ۲ تا ۳۵ درجه، با اختلاف پتانسیل ۴۰ کیلو ولت و جریان ۴۰ میلی‌آمپر تهیه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به‌منظور بررسی نیمه‌کمی کانی‌ها از سطح زیر منحنی قله‌های رتبه اول کانی‌های یافت شده در تیمار منیزیم-گلیسرول [۲۵] به عنوان معیاری جهت نشان دادن مقدار تقریبی هر نوع رس به کار رفت.

بحث و بررسی

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی خاک‌های بایر

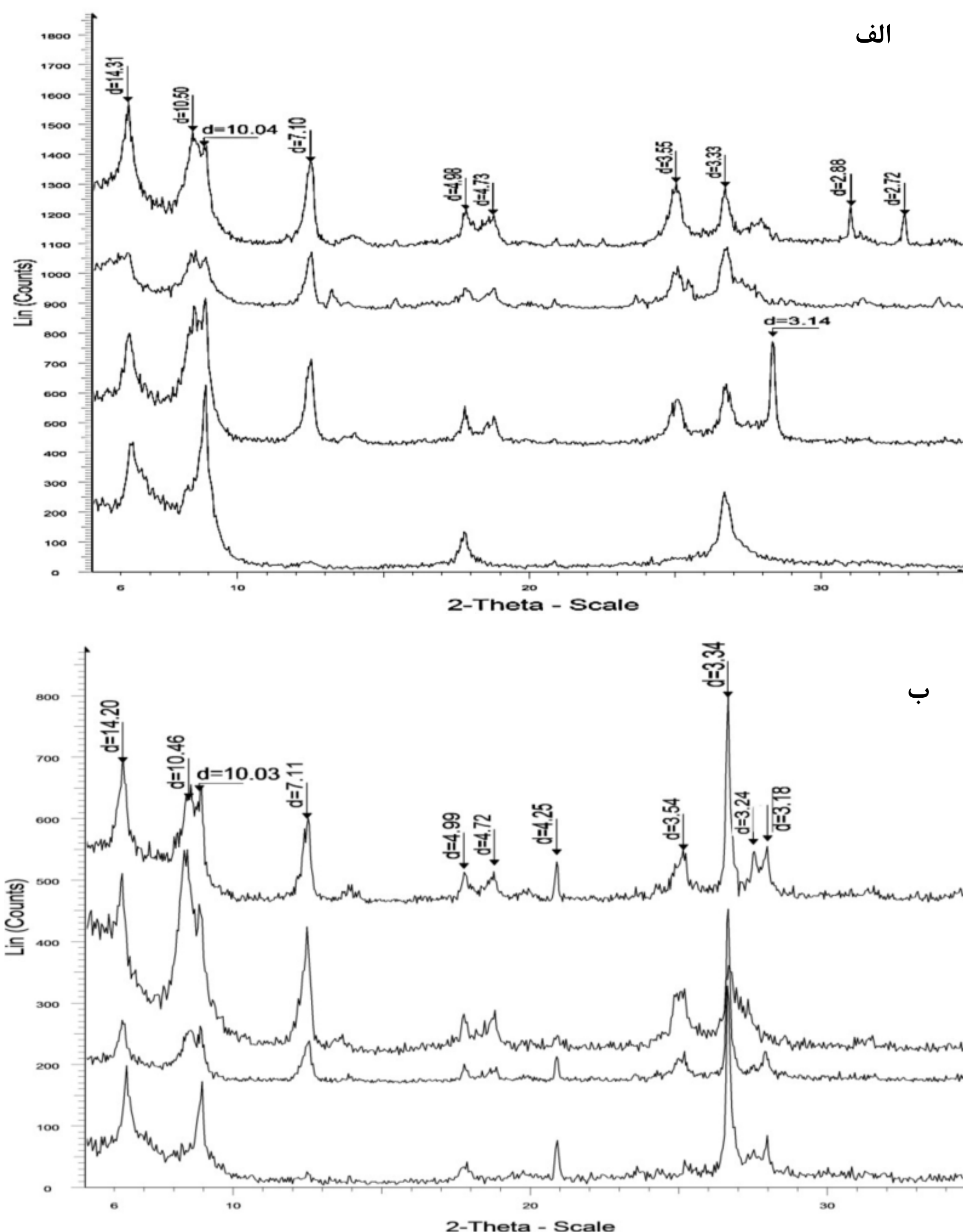
برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نیمرخ شاخص این خاک‌ها در جدول ۲ آورده شده هستند. این خاک‌ها دارای متوسط ۲۸۰ تا ۶۲۰ گرم در کیلوگرم رس است ولی روندی از حرکت رس در این خاک‌ها دیده نمی‌شود. مقدار کربن آلی در این خاک‌ها کمتر از ۷ گرم در کیلوگرم است و در همه افق‌ها کربنات کلسیم معادل از ۳۹۰ گرم در کیلوگرم بیشتر بود. در این نیمرخ به‌ویژه در افق‌های پایینی شرایط احیایی برقرار بود و منقوط‌های رنگین و علائمی از حضور بقایای سخت پوستان آبزی دیده شد.

جدول۲ برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک افق‌های مختلف نیمرخ‌های حفر شده در زمین‌های مورد بررسی

نیمرخ شاخص	افق	عمق	pH	OC	CCE	شن	سیلت	رس	CEC	پتاسیم قابل جذب
		cm		....	....	g kg-1	....	....	Cmol+Kg-1	mg kg-1
کشت نیشکر	Ap۱	۰-۳۰	۸٫۱۸	۶٫۲	۳۹۷	۴۹۰	۳۱۴	۱۹۶	۹٫۹۱	۶۲
	Ap۲	۳۰-۵۷	۸٫۳۶	۵٫۸	۳۹۸	۵۷۰	۲۵۳	۱۷۷	۹٫۷۸	۵۲
	Bw۱	۱۱۷-۵۷	۸٫۱۴	۳٫۸	۳۹۹	۱۷۸	۵۵۴	۲۶۷	۷٫۹۶	۶۰
	Bw۲	۱۴۵-۱۱۷	۸٫۱۵	۲٫۹	۳۹۸	۱۹۸	۲۵۴	۵۴۸	۷٫۳۵	۵۱
	۲C	۱۷۰-۱۴۵	۸٫۱۵	۲٫۷	۳۹۷	۷۴۸	۱۳۲	۱۲۰	۵٫۹۳	۳۸
	Cg	۲۰۰-۱۷۰	۸٫۲۳	۶٫۱	۳۹۹	۱۰۸	۳۹۳	۴۹۸	۹٫۷۵	۱۱۲
زمین بایر	A	۰-۱۳	۸٫۰۷	۳٫۳۶	۳۹۸	۴۷۵	۲۳۳	۲۹۱	۱۰	۷۸
	Bw	۱۳- ۵۶	۷٫۹۶	۱۱٫۱۶	۳۹۸	۳۱۷	۳۱۲	۳۷۰	۶٫۷۷	۱۴۰
	C1	۵۶- ۸۶	۸٫۱۲	۵٫۳۵	۳۹۹	۱۱۶	۵۵۳	۳۳۰	۶٫۰۱	۱۶۱
	C2	۸۶-۹۸	۸٫۳	۶٫۵۲	۳۹۹	۱۱۰	۴۵۸	۴۳۲	۸٫۶۵	۱۸۶
	AB	۹۸-۱۲۴	۸٫۲۱	۴	۳۹۹	۵۰	۳۳۴	۶۱۶	۷٫۳۷	۲۱۸
	Cg	۱۲۴-۲۰۰	۸٫۲۴	۴	۳۹۴	۱۵۰	۴۳۳	۴۱۷	۱۳٫۹	۲۱۲
کشت تناوبی	A	۰-۴۵	۷٫۵۷	۸٫۶۴	۳۹۵	۲۹۵	۲۹۴	۴۱۰	۱۴٫۵	۱۶۴
	Bk1	۷۰- ۴۵	۷٫۶۵	۶٫۶۹	۳۹۸	۳۴٫۴	۳۷۵	۵۹۰	۱۰٫۴	۱۹۶
	Bk2	۱۱۰-۷۰	۷٫۸۷	۳٫۹	۳۹۹	۱۴٫۴	۴۷۶	۵۰۹	۱۱٫۵	۱۷۰
	Bk3	۱۴۰-۱۱۰	۷٫۸۲	۶٫۹۳	۳۹۸	۱۱۳	۵۹۷	۲۸۹	۱۲٫۴	۱۵۸
	C	۱۸۰-۱۴۰	۷٫۶۱	۱۳٫۹۹	۳۸۵	۱۳۳	۴۳۷	۴۲۹	۱۱٫۹	۲۱۵

[DOI: 10.29252/ijcm.26.1.19]

الگوهای XRD رس‌های آرایش‌یافته خاک افق‌های A و C۱ این نیمرخ نیز در شکل ۲ نشان داده شده است. قله‌های طیف نشان‌دهنده وجود کانی‌های رسی کائولینیت، کوارتز، کلریت، ایلیت و پالیگورسکیت است. کوارتز که به دلیل سختی بالا و ساختار شبکه‌ای خود از فراوانترین کانی‌ها است، در همه طیف‌های بررسی شده، شناسایی شد. کانی کائولینیت در سنگ‌های دوره کرتاسه وجود داشته و در پی هوازدگی سنگ‌های مادر بر اثر فرسایش آبی به دشت خوزستان منتقل شده‌اند [۲۶]، زیرا رسوبات دشت خوزستان به‌دلیل آبرفتی بودن از زمین‌ها و کوه‌های بالادست از طریق سیلاب حاصل شده است. امکان تشکیل این کانی در این خاک‌ها با توجه به شرایط آب و هوایی فعلی وجود ندارد [۳].



شکل ۲ الگوهای XRD رس‌های آرایش یافته مربوط به الف: افق A و ب: افق C1 نیمرخ زمین بایر (اعداد ارائه شده بر قله‌ها فاصله بین صفحه‌ای بر حسب آنگستروم و طیف‌ها از بالا به پایین به ترتیب مربوط به تیمار منیزیم، منیزیم و گلیسرول، پتاسیم و تیمار پتاسیم و گرمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد هستند.)

[DOI: 10.29252/ijcm.26.1.19]

وجود کانی رسی پالیگورسکیت به کمک قله متناظر با فاصله بین صفحه‌ای ۱۰/۵ آنگستروم و قله رده دوم ۶/۳ آنگستروم قابل شناسایی است. این کانی تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفته است. اگر چه شناسایی این کانی به کمک روش XRD دشوار است [۲۷] ولی وجود آن در طیف‌های XRD این خاک‌ها کاملاً نمایان است که می‌تواند به‌دلیل فراوانی این کانی باشد. حضور دنباله تیز نزدیک قله‌های ایلیت که از تیمارهای مختلف اثرپذیر نیست به رس پالیگورسکیت نسبت داده می‌شود. وجود کانی رسی کلریت از روی قله ۱۴ آنگستروم قابل شناسایی است. این قله در هیچ تیمار اشباعی تغییری نیافته است و تنها در تیمار گرمایی ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد از شدت این قله کاسته شده است. مرتبه بعدی پراش این کانی در ۷/۱۵ آنگستروم است که با مرتبه اول پراش کانی کائولینیت همپوشی داشته و در تیمار گرمایی ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد با وجود حذف کائولینیت نیز قابل ملاحظه است. حضور دنباله تیز نزدیک قله‌های ایلیت که از تیمارهای مختلف اثرپذیر نیست به رس پالیگورسکیت نسبت داده می‌شود. حضور غالب کانی کلریت و همچنین کائولینیت از خاستگاه مواد مادر در خاک-های خوزستان به وفور گزارش شده است [۲۸].

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی خاک‌های زیر کشت نیشکر

این خاک‌ها دارای متوسط ۱۲۰ تا ۵۰۰ گرم در کیلوگرم رس هستند و مقدار کربن آلی در این خاک‌ها کمتر از ۱۲ گرم در کیلوگرم است. در همه افق‌ها کربنات کلسیم معادل از ۳۹۵ گرم در کیلوگرم بیشتر بود.

الگوهای XRD افق Ap۱ و Bw1 نیمرخ حفر شده در این مزرعه در شکل ۳ نشان داده شده است. در این نمونه‌ها مقدار رس پالیگورسکیت در افق سطحی (افق‌های Ap2 و Ap1) کاهش یافته است ولی مقدار آن در افق Bw1 یعنی افق زیر سطحی (عمق ۱۱۷-۵۷ سانتی‌متری) کاهش چندانی نسبت به خاک بایر مجاور این پدون ندارد. به عبارتی با افزایش سابقه کشت در لایه‌های سطحی از مقدار پالیگورسکیت نسبت به خاک بایر کاسته شده است ولی در عمق آثار چندانی از کشت بر کاهش پالیگورسکیت ملاحظه نشد. این امر از یک سو به اثرات آبیاری شدید و از سوی دیگر به افزایش بیشتر ماده آلی به خاک نسبت داده می‌شود. در این مزرعه با سابقه کشت بیشتر بر شدت قله ۱۶/۷۸ آنگسترومی که نماینده رس‌های قابل انبساط در خاک است افزوده شده است. کاهش پالیگورسکیت در این زمین‌ها را می‌توان به دگرگونی آن به اسمکتیت نسبت داد. موازالاهی و فرپور [۲۹] نشان دادند که تبدیل پالیگورسکیت به اسمکتیت نقش عمده‌ای در کاهش پالیگورسکیت دارد. پالیگورسکیت در شرایط مرطوب بیش از ۳۰۰ میلی‌متر بارندگی سالیانه [۳۰] و یا نسبت بارندگی به تبخیر و تعرق سالیانه (P/ET) بیش از ۰/۴ [۲۶] ناپایدار است و به اسمکتیت تبدیل می‌شود. با توجه به رژیم آبیاری در خاک‌های این مزارع که حدود ۳۰۰۰۰ مترمکعب در هکتار در سال و با بازه‌های زمانی کوتاه مدت است و با توجه به سابقه کشت طولانی در این مزارع، نسبت رطوبت به تبخیر سالانه بالا می‌رود و شرایط تبدیل پالیگورسکیت به اسمکتیت فراهم می‌شود. همچنین در خاک این مزرعه با سابقه کشت بیشتر نیشکر، قله ۱۰ آنگسترومی منسوب به ایلیت و کانی‌های قابل انبساط در تیمار پتاسیم و گرمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد، تا حدی شدیدتر از سایر تیمارها شده است که بخشی از آن می‌تواند مربوط به ترمیم پتاسیم بین لایه‌ای تخلیه شده باشد. چنین روندی در افق‌های عمقی‌تر با شدت کمتر دیده شد.

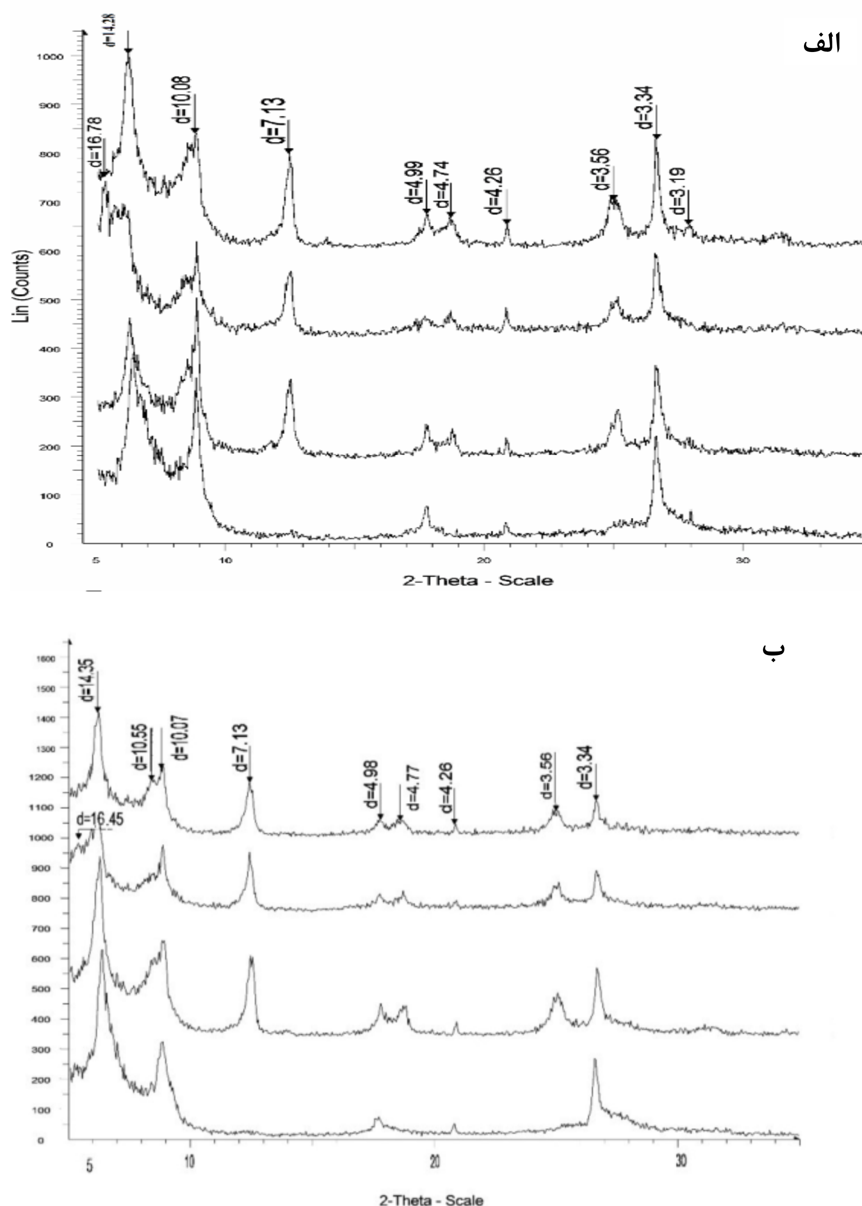
ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی خاک‌های زیر کشت تناوبی

این خاک‌ها دارای متوسط ۲۸۰ تا ۵۹۰ گرم در کیلوگرم رس بوده‌اند و مقدار کربن آلی در این خاک‌ها کمتر از ۱۴ گرم در کیلوگرم است. در همه افق‌ها کربنات کلسیم معادل از ۳۸۵ گرم در کیلوگرم بیشتر بود. ظرفیت تبادل کاتیونی این خاک‌ها کم بوده ولی در مقایسه با سایر خاک‌های بایر و زیر کشت نیشکر بالاست (۱۰/۴ تا ۱۴/۵ Cmol+Kg-1).

الگوهای XRD رس‌های آرایش‌یافته افق‌های Ap و Bk3 نمونه‌های خاک نیمرخ شاخص آن در شکل ۴ نشان داده شده است. در این زمین‌ها که سابقه کشت آن از زمین‌های زیر کشت نیشکر بیشتر ولی میزان آبیاری و شدت آن کمتر است، تغییرات کانی‌های رسی نسبت به خاک زیر کشت نیشکر تا حدی متفاوت است. در خاک زیر کشت تناوبی رس پالیگورسکیت در افق سطحی Ap از بین رفته ولی مقادیر کمی از این رس در افق‌های Bk1 و Bk2 نیمرخ‌های شاخص این خاک‌ها دیده می‌شود. علت امر را می‌توان چنین بیان کرد که این کانی باوجود افزایش از طریق طوفان‌های گرد و غبار در افق ضخیم سطحی به واسطه رطوبت ناشی از آبیاری (ناشی از دو کشت در سال در این زمین‌ها که یکی از آنها در برخی از سال‌ها برنج است) ناپایدار بوده و از نیمرخ سطحی حذف شده است. نتایج XRD این خاک نشان می‌دهد که کانی پالیگورسکیت در افق زیر سطحی Bk1 (عمق ۷۰- ۴۵

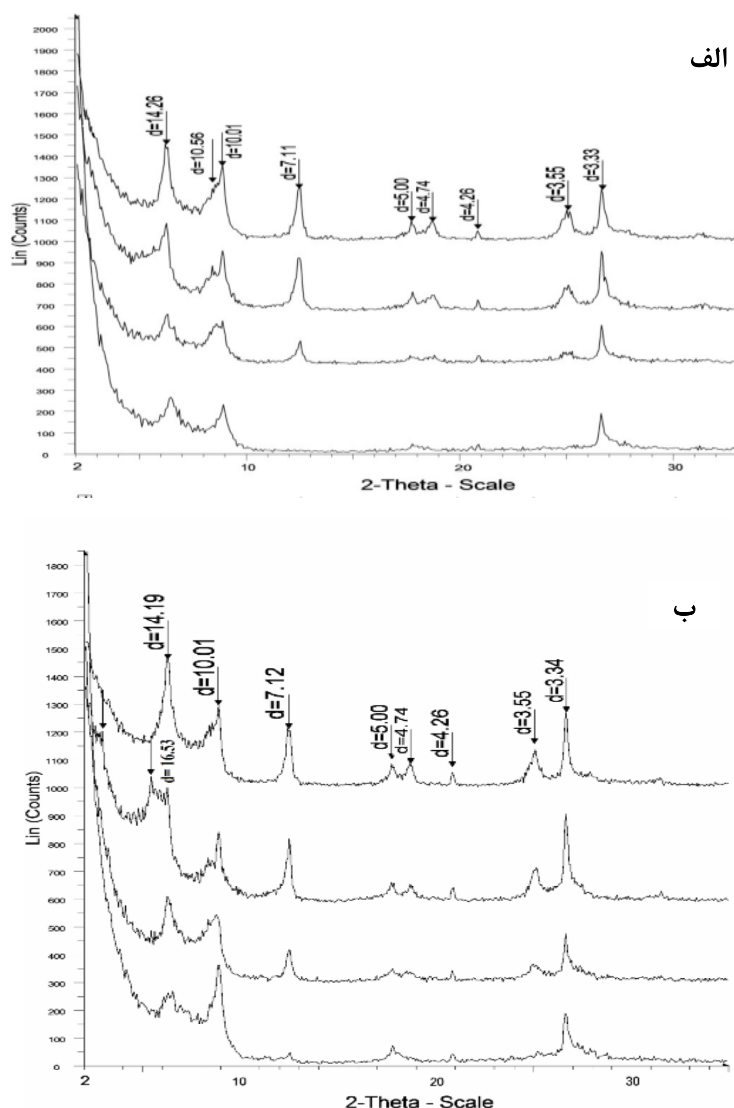
[DOI: 10.29252/ijcm.26.1.19]

سانتی‌متری) و Bk2 (۱۱۰-۷۰ سانتی‌متری) دارای قله‌هایی مشابه با افق‌های متناظر آن در خاک بایر است. کانی‌های این عمق به دلیل رطوبت کمتر خاک در این بخش از نیمرخ پایدار شده‌اند. این نتایج با نتایج جعفری و باقرنژاد [۳۱] همخوانی دارد. آنها در بررسی اثر کشت دراز مدت و آبیاری متراکم بر دگرگونی کانی رسی پالیگورسکیت در خاک‌های خوزستان نشان دادند که رس‌های رشته‌ای پالیگورسکیت در اثر آبیاری و کشت و کار از نیمرخ خاک‌های زیر کشت رو به کاهش بوده و این روند در خاک‌های زیر کشت تناوبی به دلیل سابقه بیشتر کشت و کار در این زمین‌ها از شدت بیشتری برخوردار است. علت این امر به افزایش رطوبت خاک در اثر آبیاری سنگینی که در منطقه صورت می‌گیرد، نسبت داده شد. در بررسی نام برده همچنین رس‌های قابل انبساط گروه اسمکتیت به صورت نو تشکیلی ایجاد شده بود [۳۱]



شکل ۳ الگوی XRD رس‌های آرایش یافته الف: افق Ap1 و ب : افق Bw1 نیمرخ حفر شده در مزرعه زیر کشت نیشکر (اعداد ارائه شده بر قله‌ها فاصله بین صفحه‌ای بر حسب آنگستروم و طیف‌ها از بالا به پایین به ترتیب مربوط به تیمار منیزیم، منیزیم و گلیسرول، پتاسیم و تیمار پتاسیم و گرمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد هستند.).

[DOI: 10.29252/ijcm.26.1.19]



شکل ۴ الگوی XRD الف: افق Ap و ب : افق BK3 نیمرخ حفر شده در مزرعه زیر کشت تناوبی (اعداد ارائه شده بر قله‌ها فاصله بین صفحه‌ای بر حسب آنگستروم و طیف‌ها از بالا به پایین به ترتیب مربوط تیمار منیزیم، منیزیم و گلیسرول، پتاسیم و تیمار پتاسیم و گرمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد هستند.)

همچنین در خاک‌های زیر کشت تناوبی از سطح به عمق بر میزان کانی‌های قابل انبساط افزوده شده و بر عکس از شدت قله ۱۴ آنگسترومی کاسته می‌شود. قله‌های مربوط به کانی رسی کلریت پس از اشباع‌سازی با منیزیم تیزتر و نمایان‌تر شده است، این نتیجه در الگوهای XRD خاک‌های زیر کشت تناوبی نسبت به خاک‌های بایر به‌روشنی قابل ملاحظه است که می‌تواند به آثار منیزیم بر بازسازی لایه بروسیت نسبت داده شود. دگرگونی کلریت به اسمکتایت توسط لی و همکاران [۳۲] گزارش شده است. نتایج تجزیه نمونه‌های آب زهکش این زمین‌ها نشان از وجود مقادیر زیادی از منیزیم حتی در سال‌های متمادی پس از کشت دارد که بخشی از آن می‌تواند به علت تخلیه منیزیم از لایه بروسیت در کلریت باشد [۳۳]. در اثر آبشویی و تخلیه منیزیم از محلول خاک، منیزیم لایه بروسیت در کانی کلریت حل شده و کانی به شکل رس‌های قابل انبساط در آمده است، لذا بخشی از رس‌های قابل انبساط را می‌توان از خاستگاه کلریت دگرگون شده دانست. لوینه و همکاران نشان دادند که بخشی از اسمکتیت خاک‌های این منطقه از خاستگاه مواد مادر و بخشی نیز در اثر شرایط نامناسب زهکشی همراه با منیزیم زیاد در این خاک‌ها تشکیل شده است [۳۴].

جعفری [۳] در تحقیق خود در زمین‌های منطقه هفت تپه نیز چنین مشاهداتی داشت و یکی از دلایل تشکیل کلریت را به

[DOI: 10.29252/ijcm.26.1.19]

ترمیم لایه بروسیت نسبت داد. در ضمن مقدار اولیه کلریت در عمق و نزدیک به مواد مادر نسبت به سطح بیشتر است. بارهیسل و برچ [۳۵] امکان هوازدگی کلریت در مناطق خشک و نیمه‌خشک را ضعیف می‌بینند زیرا برای هوازدگی کلریت آبشویی شدید، pH کمتر از شش، دمای بالا و در نتیجه خروج هیدروکسیدهای بین لایه‌ای لازم است و لذا از نظر ایشان در مناطق خشک و نیمه‌خشک قسمت اعظم کلریت موروثی است. آنچه در این میان قابل توجه است، قله‌های ۷٫۱ آنگسترومی است که در این نیمرخ در افق Bk2 وجود دارد. این قله‌ها می‌تواند به وجود مقدار زیاد کلریت در این نمونه خاک مربوط باشد. وجود قله‌های ۴٫۷۴ انگسترومی در این خاک‌ها نشان دهنده دوهشت‌وجهی بودن کانی کلریت در این خاک‌هاست. چرم و همکاران در تحقیق خود در منطقه هفت تپه تغییری در کلریت نمونه‌های خاک سطحی مشاهده نکردند [۹]. تفاوت مقدار ماده آلی در خاک‌های زیر کشت در مقایسه با زمین بایر، عامل مهم دیگر در تفاوت کانی‌های رسی است که اسیدهای آلی ناشی از تجزیه این مواد در خاک‌های کشت شده، در هوازدگی کانی‌های میکا مؤثرند [۳۶]، به ویژه در افق‌های سطحی که ریشه گیاهان بیشتر است. میزان مواد آلی در خاک‌های زیر کشت تناوبی نسبت به خاک‌های بایر بیشتر است (جدول ۲). همچنین تغییرات پتاسیم را نیز در این خاک‌ها باید در نظر داشت، زیرا جذب پتاسیم توسط گیاهان کشت شده، در کنار شرایط دیگر خاک بر تغییر شکل کانی‌های رسی مؤثرند. اگرچه بررسی‌های آزمایشگاهی و گلخانه‌ای دربردارنده اطلاعات ارزشمندی در زمینه تخلیه پتاسیم همراه با تغییر شکل میکاست، اما گزارشات بسیار کمی در مورد هوازدگی کانی‌های شبه میکا در آزمایش‌های طولانی مدت مزرعه‌ای و یا حتی کشت‌های گلخانه‌ای وجود دارد [۳۷]. در خاک‌های زیر کشت تناوبی، جذب پتاسیم توسط گیاه و برداشت آن باعث تغییر در ساختار کانی‌ها می‌شود. این تغییرات در خاک زیر کشت نیشکر در مقایسه با خاک‌های زیر کشت تناوبی غالباً بیشتر است (جدول ۳) که تفاوت میزان آبیاری و حجم بالای آب مصرفی در نیشکر (۳۰۰۰۰ متر مکعب در هکتار در سال جهت کشت نیشکر) و نیز زیست توده تولیدی انبوه آن (به طور متوسط تعداد ۶۵ تا در هکتار) در مقایسه با فراورده‌هایی نظیر گندم، جو و ... که در زمین‌های زیر کشت این منطقه به طور تناوبی کشت می‌شوند از یک سو و نیاز بیشتر نیشکر به برخی عناصر غذایی از جمله پتاسیم (که طبق برخی منابع بیشترین غلظت عنصر غذایی در نیشکر را دارد [۹] و بیش از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در سال جذب می‌شود) و تخلیه این عناصر از سوی دیگر سبب این تفاوت‌ها شده است. در خاک‌های زیر کشت نیشکر نیز در مدت طولانی کشت، به علت عدم افزایش کودهای پتاسیم‌دار و استفاده فراوان از کودهای نیتروژنه امکان جایگزینی پتاسیم تخلیه شده از خاک وجود نداشته است [۲۸]. جعفری [۳] و چرم و همکاران [۹] نیز در مقایسه بین کشت نیشکر و کشت تناوبی به همین نتیجه رسیدند.

آزاد شدن شکل‌های غیرتبادلی پتاسیم و وارد شدن آن به فاز تبادلی در شرایط افزایش دما نیز تشدید می‌شود. بالا بودن متوسط دمای خاک (با توجه به رژیم گرمایی منطقه)، همراه با تجزیه مواد آلی بیشتر ناشی از کشت متراکم و نیز تر و خشک شدن متناوب خاک (ناشی از آبیاری و خشک‌شدن با نور خورشید) باعث تشدید آزاد شدن پتاسیم بین لایه‌ای از کانی‌های رسی می‌شود. کیفیت آب آبیاری نیز در این امر دخیل است. شوری آب مورد استفاده در آبیاری مزارع به‌طور طبیعی بالاست (جدول ۱) و این امر باعث ناپایدار شدن ایلیت و تبدیل آن به اسمکتیت می‌شود [۳۳]. از بین عناصر موجود در آب آبیاری، سدیم و منیزیم محلول، پتاسیم بیشتری را از بین لایه‌ها آزاد می‌کنند. نیومن و سینگر [۳۸] نیز بیان کردند که نه تنها حجم بالای آب آبیاری که در این مناطق به‌کار برده می‌شود، بلکه ترکیب شیمیایی آن نیز می‌تواند بر ترکیب کانی-های رسی اثر بگذارد. رس پالیگورسکیت در غلظت‌های بالای الکترولیت خاک به‌ویژه یون‌های سیلیسیم و منیزیم پایدار است و با کاهش غلظت منیزیم در اثر شستشوی نمک‌ها، آزاد شدن منیزیم از پالیگورسکیت تشدید می‌شود. همچنین ایشان مقدار کم این کانی را در کشت‌های دیگر گزارش داده و نشان دادند که در کشت‌های با سابقه زیاد، تراکم پالیگورسکیت کمتر از مزارع با سابقه کشت کمتر است.

جدول ۳ میزان تغییرات نسبی برخی کانی‌ها در نیمرخ‌های حفر شده در خاک زیر کشت نیشکر و کشت تناوبی در مقایسه با زمین بایر متناظر آن

کانی	زمین بایر متناظر هر کشت	زمین زیر کشت نیشکر	زمین زیر کشت تناوبی
کوارتز	×	×	×
کائولینیت	×	×	×
پالیگورسکیت	×	کاهش چشمگیردر افق‌های سطحی	کاهش در افق‌های سطحی
کلریت	×	کاهش محسوس	کاهش بویژه در افق‌های سطحی
کانی‌های قابل انبساط	-	افزایش چشمگیر بویژه در افق‌های سطحی	افزایش نسبی در افق‌های سطحی

[DOI: 10.29252/ijcm.26.1.19]

برداشت

تحقیق حاضر نشان داد که کشت دراز مدت نیشکر بدون مصرف کودهای پتاسیمی باعث ایجاد تغییراتی در کانی‌شناسی رس‌ها و برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک‌های زیر کشت آن در منطقه امیرکبیر شده است. بیشتر این تغییرات به دگرگونی کانی‌ها در اثر کاهش برخی از عناصر از جمله پتاسیم مربوط می‌شود که منبع عمده تأمین این عنصر غذایی برای نیشکر، کانی‌های خاک بوده است. برخلاف زمین‌های بایر، تشکیل رس‌های قابل انبساط در خاک‌های کشت‌شده دیده می‌شود. تشکیل این کانی‌ها به ویژه در افق‌های سطحی این زمین‌ها، اغلب از دگرگونی ایلیت و رشته‌های پالیگورسکیت حاصل شده است. تغییر رژیم رطوبتی خاک در اثر آبیاری زیاد در کشت نیشکر سبب شده است که این کانی‌ها پایداری خود را از دست داده و به کانی‌های پایدارتر گروه اسمکتیت تبدیل شوند. تغییرات کانی‌شناسی و دگرگونی در افق‌های عمقی‌تر کمتر رخ داده است. این تغییرات در خاک زیر کشت نیشکر در مقایسه با خاک‌های زیر کشت تناوبی غالباً بیشتر است که تفاوت میزان آبیاری و حجم بالای آب مصرفی برای نیشکر و نیز زیست توده تولیدی انبوه آن در مقایسه با فراورده‌هایی مثل گندم، جو و...که در زمین‌های زیر کشت این منطقه به طور تناوبی کشت می‌شوند از یک سو و نیاز بیشتر نیشکر به برخی عناصر غذایی از جمله پتاسیم و تخلیه این عناصر از سوی دیگر سبب این تفاوت‌ها شده است.

مراجع

[1] Toolabi fard A., *"The Changes in the physical components of organic matter in soils with different uses"*, M.Sc. thesis. Ramin Agricultural and Natural Resources University, Ahwaz. Iran. 2012. (In Persian).

[2] FAO stat. http://FAO. stat 3. Fao org/ home/ index. Html.

[3] Jafari S., *"Study of changes in structural, physico-chemical, potassium fixation & clay minerals transformation of sugarcane, Rotational cropping & noncultivated soils (Khuzestan)"*, M Sc Thesis. Shiraz university. Iran. 2005. (In Persian)

[4] Rajab zadeh M., Mazaheri SA., Karim pour M.H., *"Geochemical study of Tabas coal mine and the effect of mining on pollution of earth's resources in the region"*, 16th Symposium of Crystallography and Mineralogy of Iran. Rasht. Gilan university. 2009.

[5] Kian poor R., Khakzad A., *"Mineralogy, alteration and genesis of iron deposit in Sangan of Khorasan province"*, 16th Symposium of Crystallography and Mineralogy of Iran. Rasht. Gilan university. 2009.

[6] Ajami M., Khormali F., "*Clay mineralogy as an evidence of land degradation on loess hillslopes"*, Journal of Water and Soil Conservation, Vol 16 (2009) 61-84.

[7] Karimi Dehkordi F., Jalalian A., Mehnatkesh A.M., Honarjoo N., *"The effect of land use change on mineralogy and micro-morphological properties of clay soil on lordegan County-in Chaharmahal and Bakhtiari Province"*, Journal of Soil Management and Sustainable Production, Vol 4(2014), 1-32.

[8] Ravanjoo A., *"The effects of cultivation of sugarcane and groundwater level changes in the redox potential and reduction of iron and palygorskite in some soils of Khuzestan"*, M.Sc. thesis. Ramin Agricultural and Natural Resources University, Ahwaz. Iran.2011. (In Persian)

[9] Chorom M., Baghernejad M., Jafari S., *"Influence of rotation cropping and sugarcane production on the clay mineral assemblage"*, Journal of Applied Clay Science 46-385 (2009).

[10] Møberg J.P., Dissing Nilson J., *"Mineralogical changes in soils used for potassium depletion experiments for some years in pots and in field"*, Journal of Acta Agriculture Scandinavica 33 (1983) 21–27.

[11] Vahidi MJ., Jafarzadeh AA., Oustan Sh., Shahbazi F., *"Two Physiographic Units Impact on Origin and Distribution of Extractable Iron Oxide Forms in Some Soils of Southern Ahar"*, Journal of water and soil science. 22 (2012) 121-135.

[12] Khuzestan sugarcane, by-product research and Training Institute. Soil semi detailed studies report (Amir kabir university).350 pp. 1991.

[13] https://www.google.com/maps/@31.3751453, 48.6705923,11z?hl=en

[14] Jafari S., Nadian H., *"The Study of a Toposequence Soil Series and Clay Mineral Assemblage in some Soils of Khozestan Province"*, Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources. Isfahan University of Technology. 18 (2014) 151-164. (In Persian)

[15] Khuzestan sugarcane and by-product research and Training Institute, *"Annual report"*, 2014. 109 pp. (In Persian)

[16] Soil survey staff. Soil survey laboratory methods manual: Soil survey investigations. Rep. No. 42. Ver. 3. USDA. Washington. D.C. (1996).

[17] United State Salinity Laboratory Staff. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook. 60. Washington, DC. 1954.

[DOI: 10.29252/ijcm.26.1.19]

of Agricultural Science and Technology14(2012) 683-696.

[30] Paquet H., Millot G., *"Geochemical evolution of clay minerals in the weathered products and soils of Mediterranean climates",* Proceedings of the International Clay Conference, Madrid, Spain 1972: 199-202.

[31] Jafari S., Bagher nejad M., *"Effects of wetting and drying, and cultivation systems on potassium fixation in some Khouzestan soils and clays."* Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources. Isfahan University of Technology. 41(2007) 76-89. (In Persian with English abstract)

[32] Lee B.D., Sears S.K., Graham R.C., Amrhein C., Vali H., *"Secondary mineral genesis from chlorite and serpentine in an ultramafic soil toposequence",* Journal of Soil Science Society of America Journal 67(2003) 1309–1317.

[33] Jafari S., Bandeh elahi F., Khalili Moghadam B., *"The study of clay and soil development that effected by drainage and land use on the Karoon River",* Iranian Journal of soil and water research.47(2016) 1-12.

[34] Lovineh N., Jafari S., Khalili Moghadam B. *"Study of clay minerals diversity in young soils derived from marine sediments"* 22th symposium of crystallography and mineralogy of Iran, Shiraz University, Iran.2o16

[35] Barnhisel R.I., Bertsch P.M., *"Chlorites and hydroxy-interlayered vermiculite and smectite In: Dixon J.B., Weed S.B) eds",* (Minerals in Soil Environments "Second edition. Soil Science Society of America, SSSA Book Series, Vol. 1 Madison, WI, USA.1982: 729-788.

[36] Moritsuka N., Yanai J., Kosaki T., *"Depletion of nonexchangeable potassium in the maize rhizosphere and its possible releasing processes"*, 17th world congress of soil science. Bangkok, Thailand (2002), P 1919.

[37] Ismaeil fard N., Givi J., *"The release of non-exchangeable potassium from the minerals of mica particles under the influence of organic acids",* 15th Symposium of Crystallography and Mineralogy of Iran. Ferdowsi University of Mashhad. 2008.

[38] Neaman A., Singer A., *"Kinentics of hydrolysis of some palygorskite-containing soil clays in dilute salt solutions",* Journal of Clays and Clay Minerals 48(2000) 708–712.

[18] Chapman H.D., *"Cation exchange capacity",* In: C. A. Black (ed.). Methods of soil analysis, ASA, Madison, WI. part 2 (1956) 891-901.

[19] Nelson R.E., *"Carbonate and gypsum",* In : A.L. page (ed.). Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, Madison, W.I. Part 2 (1982) 181-192.

[20] Nelson D.W., Sommers, L.E., *"Total carbon, organic carbon and organic matter",* In :Page A.L. (ed.): Methods of Soil Analyses. Chemical and Microbiological Properties ASA Monograph, Madison, Wisconsin USA. (1982) 539–579.

[21] Martin H. W., Spark D. L., *"On the behavior of nonexchangeable potassium in soils",* In: Bartels J. M., Methods of soil analysis. Part 3, Madison, W.I. 1996.

[22] Mehra O. P., Jackson M.L., *"Iron oxide removal from soils and clays by a ditionite citrate system with sodium bicarbonate",* Journal of Clays and clay minerals 1(1960) 317-327.

[23] Kitrick J.A., Hope E.W., *"A procedure for the particle – size separation of soils for x-ray diffraction analysis",* Journal of Soil science 96 (1963) 312-325.

[24] Jackson M. L., *"Soil Chemical analysis – advanced. Course",* University of Wisconsen, college of Agric., Department of soils, Madison, WI. 1975.

[25] Johns W.D., Grim, R.E., Bradley, W.F., *"Quantitative estimation of clay minerals by diffraction methods",* Journal of Sediment Petrol 24 (1954) 242-251.

[26] Khormali F., Abtahi A., *"Origin and distribution of clay minerals in calcareous arid and semi-arid soils of Fars Province, southern Iran",* Journal of Clay Minerals 38 (2003) 511–527.

[27] Pletsch T., Daoudi L., Chamley H., Deconinck J .F., Charroud M., *"Palaeogeographic cotrols on palygorskite occurrence in Mid – Cretaceous sediments of Morocco and Adjacent basins",* Journal of Clay Minerals. 31(1996) 403-416.

[28] Pishgir M., Jafari S., *"Comparison Between Potassium and Ammonium Fixation by Clays in Different Agriculture Systems"*, Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources. Isfahan University of Technology. 18 (2014) 237-250. (In Persian with English abstract)

[29] Moazallahi M., Farpoor M.H., *"Soil genesis and clay mineralogy along the xeric-aridic climotoposequence in south central Iran",* Journal

[DOI: 10.29252/ijcm.26.1.19]